

Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin

Direktor: Professor Dr.med., Dr.med.dent.E. H a r n d t

DER SAUERSTOFFVERBRAUCH DES MENSCHLICHEN SPEICHEL
UND SEINE BEZIEHUNG ZUR KARIES

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Klaus W i l l i a m
aus Prenzlau

1964



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550805_0052

Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin

Direktor: Professor Dr.med., Dr.med.dent.E. H a r n d t

DER SAUERSTOFFVERBRAUCH DES MENSCHLICHEN SPEICHEL
UND SEINE BEZIEHUNG ZUR KARIES

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Klaus W i l l i a m
aus Prenzlau

Dekan: Professor Dr.med. Hugo G a s t e i g e r

Referent: Professor Dr.med., Dr.med.dent. Ewald H a r n d t

Korreferent: Professor Dr.med. Hans H e r k e n



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Freien Universität Berlin

Promoviert am: 16. Juli 1964

MEINEN ELTERN GEWIDMET

Inhalt sverzeichnis

- A Einleitung
- B Literaturübersicht
- C Problemstellung dieser Arbeit
- D Untersuchungsmaterial
- E Untersuchungsverfahren
 - 1) Voruntersuchungen:
Fragestellungen, Anordnungen und Ergebnisse
 - 2) Hauptversuche
 - a) Fragestellung
 - b) Methoden
 - α) Das Homogenisieren der Mundflüssigkeit
 - β) Die pH-Einstellung des Untersuchungsspeichels
 - γ) Die Warburg-Technik
- F Resultate der Hauptversuche
- G Diskussion
- H Zusammenfassung
- J Literaturverzeichnis

A Einleitung

Die zahlreichen Theorien über die Entstehung der Karies vermochten es bis zum heutigen Tage noch nicht, die Ursachen dieses Prozesses zu erklären.

In einem Punkte dürfte sich jedoch die Mehrzahl der Wissenschaftler einig sein: der Zerstörungsprozeß, den wir mit "morsch sein" bezeichnen, beginnt an der Zahnoberfläche. Es ist also naheliegend, daß mit der Ursachenforschung in der unmittelbaren Umgebung des Zahnes begonnen wird.

Da der Zahn vom Tage seines Durchbruchs an von Speichel umflossen wird, scheint es unerläßlich, das Verhalten dieser Körperflüssigkeit in ihrer Gesamtheit als möglichen Teilfaktor hinsichtlich der ursächlichen Bedingtheit der Karies zu untersuchen.

Von den zahlreichen Wissenschaftlern, die immer wieder auf die Wichtigkeit des Speichels im Hinblick auf seine schützende oder schädigende Beeinflussung des Zahnes und der Mundschleimhaut hinwiesen, seien hier nur einige der namhaftesten genannt: A. MICHEL (25) (1901, 1909), R.C. KIRK (14) (1906), H.P. PICKERILL (31) (1913), W.J. GIES (9) (1914), D.A. ENTIN (7) (1928), E. HARNDT (11) (1937), H. MATHIS (24) (1947), E. WANNENMACHER (33) (1950).

Schon MILLER (26) wies 1892 im Rahmen seiner Forschungen auf die Bedeutung fermentativer Vorgänge in der Mundhöhle hin.

Alle heute beachteten Theorien, die sich mit der Karies-ätiologie befassen, setzen die aktive Beteiligung der Mikroorganismen und damit die Beteiligung ihrer Fermente bei der Kariesentstehung in irgendeiner Weise voraus.

Physiologisch-chemische Untersuchungen zeigten, daß bei komplizierten enzymatischen Vorgängen o x y d a t i v e R e a k t i o n e n wesentlich beteiligt sind.

Einen Teil der oxydativen Reaktionen, die sich bei Wirkstoffabläufen in der Mundhöhle vollziehen, müßte man durch Messung der Sauerstoffresorption des Speichels erfassen können.

Ob diese Sauerstoffresorptionsverhältnisse des Speichels mit der Kariesresistenz und der Kariesaktivität der Versuchspersonen in direktem Zusammenhang stehen, darüber soll im Verlauf dieser Arbeit berichtet werden.

B L i t e r a t u r ü b e r s i c h t

Die ersten Untersuchungen, die sich mit der Sauerstoffaufnahme des Speichels befassen, wurden vor nicht allzu langer Zeit durchgeführt.

Da NUCKOLLS und FRISBIE (30) (1946), FRISBIE und NUCKOLLS (8) (1947) sowie GOTTLIEB (10) (1947) die von MILLER (27) vertretene Wirkung des Säuretraumas bei der Kariesentstehung anzweifeln, hielten es HARTLES und McDONALD (12) im Jahre 1950 für geraten, die Milchsäureproduktion des Speichels von kariesfreien und von kariesaktiven Personen zu untersuchen. Die Ergebnisse der Untersuchungen waren jedoch keineswegs eindeutig.

Parallel zu diesen Versuchen bestimmten sie auch den Sauerstoffverbrauch des Speichels dieser Personen nach der Warburgschen Methode. Über die Versuche HARTLES' und McDONALDs sei im Folgenden kurz berichtet:

Es standen ihnen eine absolut kariesfreie Person, drei bedingt kariesfreie und fünf kariesaktive Personen verschiedenen Geschlechts zur Verfügung. Mit Ausnahme der absolut kariesfreien Personen und eines mit florider Karies behafteten Patienten erfolgte die Auslese der Probanden nach dem DMF - Quotienten. Die jüngste Versuchsperson war 19, die älteste 36 Jahre alt. Jede lieferte pro Versuch 0,5 ml Nüchternspeichel nach dem Erwachen am Morgen. Der Speichelfluß wurde durch Kauen von Paraffin angeregt. Die Speichelproben gelangten in kürzester Zeit zum Versuchs-ort. Mit einem 0,2 m - Phosphatpuffer (pH 7,5) (Mengenangaben fehlen) angesetzt, wurde der O_2 - Verbrauch des Speichels im Warburg - Gerät gemessen. Dieser Versuchreihe parallel lief eine weitere, bei der dem Speichel - Puffer - Gemisch eine 0,005 m - Glucoselösung zugesetzt wurde. Die Versuche wurden mit neuem Speichel von denselben Versuchspersonen mehrere Male an verschiedenen Tagen unter gleichen Bedingungen wiederholt. Die jeweilige Versuchsdauer betrug eine Stunde. Das Wasserbad des Warburg - Apparates hatte eine Temperatur von $38^{\circ} C$.

Das Ergebnis der Messungen ließ keinen Zusammenhang zwischen Sauerstoffverbrauch des Speichels und der Kariesaktivität bzw. Kariesresistenz der Probanden erkennen. Besonders interessant ist es, daß die einzelnen Speichelproben von ein und derselben Versuchsperson, an verschiedenen Tagen gemessen, einen recht unterschiedlichen Sauerstoffverbrauch aufwiesen. Der O_2 - Verbrauch des Speichels stieg an, wenn dem Speichel - Puffer - Gemisch Glucose zugesetzt wurde.

Durch bakteriologische Versuche erwies sich, daß die Bakterienvermehrung vom Zeitpunkt der Speichelgewinnung an bis zur Beendigung des Versuches unwesentlich war und im

Hinblick auf das Versuchsergebnis vernachlässigt werden konnte.

Die Untersuchung des durch Seitzfilter gegebenen Speichels zeigte, daß das von den zelligen Bestandteilen befreite Filtrat keinen Sauerstoff aufnahm.

Recht unzulängliche Angaben über die Geschwindigkeit der O_2 - Aufnahme des menschlichen Reizspeichels ohne Hinweise auf die Untersuchungsmethode wurden von BURNETT (4) veröffentlicht. Danach ist die Geschwindigkeit der Sauerstoff-resorption des Speichels von der Zahl der Milchsäurebakterien unabhängig. Ferner hat BURNETT mitunter eine hohe "Respirationsgeschwindigkeit" des Speichels festgestellt, der von kariesfreien Patienten stammte. Eine Erhöhung der "Respirationsgeschwindigkeit" zeigte sich in vitro durch Zugaben von Mono - Di - und Polysacchariden.

Zu diesen Ausführungen BURNETTs (4) schrieb KRÖNCKE (19) später:

"Diese Beobachtung (damit ist gemeint, daß die O_2 - Aufnahme des Speichels kariesanfälliger Personen geringer sei als die des Speichels kariesresistenter Personen) war auch von BURNETT 9) 10) gemacht worden, konnte von ihm später (1954) 11) aber infolge ungünstiger methodischer Abwandlungen nicht mehr reproduziert werden. "

BRAMSTEDT und VONDERLINN (3) bemühten sich, einen zuverlässigen Kariestest auf der Basis des O_2 - Verbrauchs im Speichel zu schaffen. Die Autoren gingen bei der Beurteilung des Karieszustandes der einzelnen Personen von der Benutzung des gebräuchlichen DMF - Quotienten ab. Nach ihrer Ansicht braucht das morphologische Bild durchaus nicht immer mit der physiologischen Reaktionslage des Trägers im Hinblick auf seine Kariesanfälligkeit oder Karies-resistenz übereinzustimmen. Demgemäß schreiben sie:

"So findet man nicht selten Patienten, welche z.B. im Pubertätsalter an einem erheblichen kariösen Verfall ihrer Zahnsubstanz litten, in späteren Lebensabschnitten aber über lange Zeit keine Veränderungen in dem nun bestehenden Gebißzustand aufwiesen. Wir sprechen deshalb im Gegensatz zu der morphologisch begründeten Kariesbeurteilung von dem 'physiologischen Karieszustand' einer Person und unterscheiden in diesem Sinne zunächst die Kariesresistenz von der Kariesanfälligkeit."

Gemäß dieser strengeren Auswahl unter Berücksichtigung der Zeitkomponente gelangte nur Speichel solcher Spender zur Untersuchung, die hinsichtlich ihres physiologischen Karieszustandes zum Zeitpunkt der Untersuchung als kariesaktiv oder kariesresistent zu bezeichnen waren. Jede Speichelprobe (20 ml/Person) wurde mit 5 ml Phosphatpuffer nach SÖRENSEN, pH 6,64, und mit 15 ml m/100 NH_4OH angesetzt. Die pH-Werte der Ansätze betrugen 7,42 vor und 7,46 nach dem Versuch. In den Manometergefäßen selbst wurde mit 3 ml des Ansatzes gearbeitet. Weitere 0,2 ml in den Seitenarm des Gefäßes hinzugegebene 10%ige NaOH bewirkten die Adsorption der gebildeten Kohlensäure. Die Temperatur des Wasserbades wurde auf 37°C festgelegt. Das Versuchsergebnis liegt nur in Manometerwerten vor. Danach ist die Sauerstoffaufnahme des Speichels kariesresistenter Personen höher als die kariesanfälliger. Die individuelle Schwankung in der Sauerstoffaufnahme der Mundflüssigkeit über längere Zeit ist bei Kariesanfälligen geringer als bei Kariesresistenten. Ferner vertreten die Autoren die Auffassung, daß das Verfahren als individueller Kariestest Verwendung finden kann.

Die Abhängigkeit des Sauerstoffverbrauches von dem "physiologischen Karieszustand" im Hinblick auf daraus resultierende Erkenntnisse für die K a r i e s b e h a n d l u n g wurde in der Veröffentlichung von NAUJOKS und VONDERLINN (28) dargelegt. Man untersuchte mit dem Warburg-Apparat die Sauerstoffaufnahme des Speichels von v i e r Patienten. Nach Meinung der Autoren waren davon zwei relativ kariesresistent, weitere zwei dagegen erschienen absolut resistent.

Auf die Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Kariesresistenz bzw. Kariesaktivität und auf die Unzulänglichkeit des DMF - Index wurde besonders hingewiesen. Den "physiologischen Karieszustand" bei den zur Verfügung stehenden Personen bestimmte man hauptsächlich durch die Anamnese und durch Auszählen der vorhandenen Kariesstellen. Der Leser gewinnt jedoch nicht den Eindruck, daß sich diese Methode der Unterscheidung von Kariesaktivität und Kariesresistenz wesentlich von der Methode McDONALDs differenziert. Dennoch betonen die Verfasser immer wieder, den "physiologischen Karieszustand" ihrer Versuchspersonen tatsächlich erfaßt zu haben. Die Autoren legten ferner dar, pro Person 1,5 ml Nüchternspeichel mit 1,0 ml Veronal-Na - Puffer (pH 6,72) vermischt und von diesem Ansatz den Sauerstoffverbrauch bestimmt zu haben. Zur CO₂ - Adsorption wurden die Versuchsgefäße mit 0,2 ml einer 10%igen NaOH beschickt. Als Ergebnis lagen n u r d i e M a n o - m e t e r w e r t e vor. Danach war der Sauerstoffverbrauch der kariesresistenten Probanden höher als der der klinisch kariesaktiven. Die Verfasser kamen zu dem Schluß, daß die Möglichkeit des Ausarbeitens eines individuellen Kariestestes durch die Ermittlung der O₂-Resorption des Speichels bestünde.

Erweitert wurden die zuletzt dargelegten Ausführungen über die Bestimmung des "physiologischen Karieszustandes" von Adolf KRÖNCKE und Rudolf NAUJOKS (22) dahingehend, daß es sich infolge der Änderung des "physiologischen Karieszustandes" im Laufe des Lebens als notwendig erweist, auch solche Personen meßtechnisch zu erfassen, die sich in einem Übergangsstadium befinden und somit weder eindeutig als kariesresistent noch als kariesanfällig anzusprechen sind. Der Sauerstoffverbrauch des Speichels dieser Personen soll, so meinten die Verfasser, in einem "fraglichen Bereich" zwischen den Durchschnittswerten der Kariesaktiven und der Kariesresistenten liegen. Diesen Zwischenbereich legten sie *w i l l k ü r l i c h* fest. Als obere Grenze galt ein Sauerstoffverbrauch von 145 $\mu\text{l}/60 \text{ min.}$ Als untere Grenze ein Sauerstoffverbrauch von 95 $\mu\text{l}/60 \text{ min.}$ Demnach müßten alle Personen mit einem höheren Sauerstoffverbrauch ihres Speichels als 145 $\mu\text{l}/60 \text{ min.}$ ¹⁾ 1,5 ml Speichel/60 min. als absolut kariesresistent; solche mit einem Sauerstoffverbrauch zwischen 95 μl und 145 $\mu\text{l}/1,5 \text{ ml Speichel}/60 \text{ min.}$ als zum "fraglichen Bereich" gehörig, Personen mit einem Sauerstoffverbrauch unter 95 $\mu\text{l}/1,5 \text{ ml Speichel}/60 \text{ min.}$ als absolut kariesaktiv bezeichnet werden. Die angeführten Beziehungen zwischen der Sauerstoffaufnahme des Speichels und "physiologischem Karieszustand" seien im Prinzip durch Einzelversuche bestätigt worden. Ferner wurde darauf hingewiesen, daß Nüchternspeichel für die Durchführung der Messungen am geeignetsten erscheint. An einem Beispiel demonstrierte man, daß der Nüchternspeichel einer kariesresistenten Person einen höheren Sauerstoffverbrauch hat als der einer kariesaktiven. An anderen Tageszeiten von denselben Personen entnommener Speichel wies dagegen kaum Unterschiede hinsichtlich des Sauerstoffverbrauches auf. Die Autoren betonten erneut, daß diese Methode die Möglichkeit eines Kariestestes nicht in Frage stellt.

1) $1 \mu\text{l} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ l}$

Die Beobachtungen, daß entzündlich veränderte Schleimhaut die Sauerstoffaufnahme des Speichels beeinflusst, teilten KRÖNCKE und NAUJOKS (21) in einer weiteren Veröffentlichung mit. So soll der Sauerstoffverbrauch des Speichels insbesondere bei bestehender Gingivitis eine Erhöhung erfahren. Vergleichende Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß dadurch keine Verwischung des Unterschiedes in der Sauerstoffaufnahme des Speichels zwischen kariesanfälligen und kariesresistenten Personen zustande kommt und dieses Verfahren als Kariestestmethode seine volle Berechtigung behält.

Während KRÖNCKE und NAUJOKS bis hierher keine Zweifel an der vollen Gültigkeit ihrer Kariestestmethode aufkommen lassen, nehmen sie im Jahre 1956 (19) wesentlich zurückhaltender zu diesem Problem Stellung:

"Ernsthafte Berücksichtigung von verschiedenen beschriebenen Testversuchen verdienen der Laktobazillen-Test, der mit diesem gut korrespondierende Snyder Test und der Sauerstoffaufnahme-Test. Es muß jedoch bei kritischer Betrachtung festgestellt werden, daß zur Zeit keine von diesen Testmöglichkeiten den Belangen der zahnärztlichen Praxis vollauf gerecht zu werden vermag. Weitere Forschung wird notwendig sein, dieses erstrebenswerte Ziel zu erreichen."

EGGERS LURA (6) nahm unter anderem zu dem Problem der O_2 - Aufnahme der Mundflüssigkeit kariesaktiver und kariesresistenter Personen Stellung. Wie BRAMSTEDT und VONDERLINN (3), KRÖNCKE und NAUJOKS (22) war auch er der Meinung, daß der Sauerstoffverbrauch des Speichels bei k a r i e s a k t i v e n P e r s o n e n g e r i n g e r w ä r e a l s b e i k a r i e s r e s i s t e n t e n . Das Kariestestverfahren auf der Grundlage der "Speichelrespi-

ration" wurde jedoch folgendermaßen beurteilt:

"Die Speichelatmung als individuellen Kariestest zu verwenden, wie es von KRÖNCKE und NAUJOKS (22) angegeben und empfohlen wird, kann der Verfasser vorläufig nicht beistimmen. Dazu ist die Methode noch zu kompliziert, unsicher und klinisch undurchführbar."

Er erkennt sie also an und bemängelt nur die Möglichkeit ihrer praktischen Durchführung.

In Anlehnung an EGGERS LURAs, KRÖNCKEs und NAUJOKS' sowie BRAMSTEDTs und VONDERLINNs Ausführungen untersuchten auch KOTHE und SCHÜTZMANNSKI (16) den Sauerstoffverbrauch des Speichels mit der Absicht, die Brauchbarkeit dieser Methode als Kariestest zu überprüfen. Die Kariesaktivität bzw. Kariesresistenz der Versuchspersonen KOTHEs und SCHÜTZMANNSKYs wurde in erster Linie durch Beurteilung des Zerstörungsgrades der Zähne erfaßt. Von jeder Versuchsperson wurden 4 ml Speichel mit 1 ml m/15 Phosphat - Puffer (pH 6,64) und 3 ml m/100 NH_4OH angesetzt. Die Versuche führten sie mit 3 ml des Ansatzes durch. Das Ergebnis wurde folgendermaßen definiert:

"Nach unseren Erfahrungen lag die Grenze zwischen Kariesresistenten und Kariesanfälligen ungefähr bei 100 μl Sauerstoffverbrauch je Stunde, wobei die Kariesresistenten überwiegend Werte über 100; die Kariesaktiven Werte unter 100 aufwiesen."

Die Resultate wurden durch prozentuale Angaben und Tabellenwerte belegt. Die Verfasser beendeten ihre Ausführungen mit den Worten:

"Eine endgültige Beurteilung dieser vorläufigen Ergebnisse kann erst in 1 - 2 Jahren abgegeben werden, da die hier dargelegten Resultate auf einer Einteilung nach dem augenblicklichen klinischen Zustandsbild basieren. Unsere Untersuchungsreihen sollen deshalb zu einem günstigeren Zeitpunkt regelmäßig wiederholt werden."

Die Ergebnisse der 15 Monate später durchgeführten Untersuchungen wurden im Jahre 1959 von KOTHE und SCHÜTZMANN (17) veröffentlicht. Von den 113 Probanden der ersten Versuchsreihe wurde der Speichel 50 noch zur Verfügung stehender Kinder erneut getestet. Obwohl die Vergleichswerte dieses Mal höher lagen als die ursprünglich ermittelten $\mu\text{l O}_2$ Verbrauchswerte/Std., waren nur geringe Abweichungen zwischen Sauerstoffverbrauch und klinischem Bild zu verzeichnen.

"Insgesamt ergab sich eine Übereinstimmung zwischen klinischem Befund und Sauerstoffverbrauch in 80% der Fälle. Das steht im Einklang mit den Ergebnissen der ersten Untersuchung. Unsere Resultate sind ein erneuter Beweis dafür, daß eine Korrelation zwischen dem Sauerstoffverbrauch des Speichels und dem Kariesbefall der Zähne besteht. Natürlich gibt es zwischen den beiden extremen Gruppen fließende Übergänge."

Die Versuchsanordnung wurde entgegen der ersten Untersuchungsreihe dahingehend geändert, indem nunmehr 1,5 ml Speichel, mit 1,5 ml m/15 Phosphatpuffer (pH 6,9) versetzt, im Warburg-Apparat getestet wurden.

Im Jahre 1960 nahm KRÖNCKE (19) erneut zu dem Problem der Speichelatmung Stellung. Indem der Autor die Ergebnisse seines Arbeitskreises zusammenfaßte, betonte er nochmals, daß sich die Speichelatmung als Kariesanfälligkeitstest verwenden ließe.

Die Untersuchungen von NEUHAUS (29) führten hauptsächlich zur Bestätigung der Auffassung KRÖNCKES, daß sich die Warburg-Methode als zuverlässiges Kariestestverfahren erweist.

Im Widerspruch zu KRÖNCKES und NAUJOKS', BRAMSTEDTs und VONDERLINNs, NEUHAUS' sowie KOTHEs und SCHÜTZMANNsKYs Aussagen stehen die Ergebnisse HATTYASYS, SZABÓs und TÖTHs (13).

Die ungarischen Wissenschaftler bestimmten die Kariesanfälligkeit bzw. Kariesresistenz ihrer Probanden nach dem klinischen Bild. Versteckte Kariesherde wurden röntgenologisch erfaßt. Eine zusätzliche Auswahl erfolgte mittels Snyder Test. Die Messung der O_2 - Aufnahme der Mundflüssigkeit erfolgte ebenfalls mit dem Warburg-Apparat.

Die Reaktionsgefäße wurden mit einem Gemisch (1 ml Speichel und 2 ml Phosphatpuffer, pH 7,2) beschickt. 0,2 ml 10%ige NaOH adsorbierte die Kohlensäure. Die ermittelten Werte ließen keinen Zusammenhang zwischen Kariesanfälligkeit bzw. Kariesresistenz der Probanden und Sauerstoffverbrauch des Speichels erkennen. Auf die Abhängigkeit der O_2 - Aufnahme der Mundflüssigkeit von der Bakterienkonzentration derselben wiesen sie besonders hin. Eine verstärkte Bewegung der Mundmuskulatur während der Speichelsammlung erhöhe den Bakteriengehalt und damit den Sauerstoffverbrauch des Speichels. Die O_2 - Resorptionshöhe des Speichels würde also auch durch die Art der Speichelentnahme aus dem Munde beeinflußt werden. Dem Verfahren der Speichelgewinnung müsse daher besondere Aufmerksamkeit zukommen. Indem die Autoren die Schwierigkeiten einer exakten Speichelentnahme kennzeichneten, legten sie zum Sauerstoffverbrauch der Mundflüssigkeit dar:

"By correct collecting - we can not say how correct collecting should be made - high values seem to indicate caries - susceptibility. But we are not sure if this is true."

Es stehen sich also folgende Anschauungen gegenüber:

BRAMSTEDT, VONDERLINN, KRÖNCKE, NAUJOKS, KOTHE, SCHÜTZ-MANNISKY und NEUHAUS vertreten die Auffassung, daß die Messung der Sauerstoffaufnahme des Speichels als Testmethode kariesaktiver und kariesresistenter Personen herangezogen werden kann.

EGGERS LURA stimmt dieser Auffassung im Prinzip zu, äußert jedoch Bedenken wegen der schweren Durchführbarkeit der Methode.

Im Gegensatz dazu lehnen McDONALD, BURNETT und HATTYASY die Brauchbarkeit dieses Verfahrens ab.

C Problemstellung dieser Arbeit

Die in der Literaturübersicht dargelegten Widersprüche sowie die teilweise recht unzulänglichen Erklärungen bezüglich des Sauerstoffverbrauchs der Mundflüssigkeit kariesresistenter und kariesanfälliger Personen lassen es notwendig erscheinen, die bisher vorliegenden Resultate zu überprüfen, wenn möglich zu vervollständigen und gegebenenfalls zu berichtigen.

D U n t e r s u c h u n g s m a t e r i a l

Der für die Untersuchungen benötigte Speichel wurde Insassen der Haftanstalten Plötzensee und Moabit zu Berlin sowie Personen entnommen, die zum Patientenkreis der Zahn- und Kieferklinik der Freien Universität Berlin und freier zahnärztlicher Praxen Berlins gehörten.

Für die Vorversuche stand der Speichel einer 59jährigen Person, Speichel von 6 Personen im Alter von 27 bis 28 Jahren und Speichel von 2 Personen im Alter von 43 Jahren zur Verfügung. Der Karieszustand dieser Personen wurde nicht berücksichtigt.

Speichel für die Hauptversuche lieferten 37 männliche und 40 weibliche Personen im Alter von 18 bis 28 Jahren, 2 weibliche Jugendliche im Alter von 15 Jahren, eine weibliche Person im Alter von 36 Jahren und eine männliche Person im Alter von 40 Jahren.

Die Auslese dieser für die Hauptversuche auserwählten 81 Personen erfolgte nach ihrem derzeitigen Karieszustand. Wie die weiter oben dargestellten Methoden und Ergebnisse der verschiedenen Untersucher deutlich hervortreten lassen, ist die Zuordnung "kariesaktiv" oder "kariesresistent" auf Grund des rein morphologischen Gebißbefundes mit einem erheblichen Grad von Willkür behaftet. Es wird also erforderlich, beide Begriffe mit strengeren Kriterien zu definieren, um solchen Einwänden gegen die hier mitgeteilten Meßergebnisse zu begegnen: es handle sich nicht um *r e i n e* Untersuchungsfälle kariesaktiv oder kariesresistent, sondern um Mischfälle. Da man aber, streng genommen, nicht von kariesresistenten Gebissen und ebensowenig von kariesaktiven sprechen kann, in dem Sinne, daß diese Zuordnung für das ganze Leben gilt, muß man also in die Zuordnungsdefinition notgedrungen den

Zeitbegriff einbauen und die Zuordnung terminmäßig begrenzen.

Es ist bekannt, daß die Kariesanfälligkeit im Laufe des Lebens starken Schwankungen unterliegt. Wollte man z.B. den zur Untersuchungszeit bestehenden Karieszustand durch Auszählen der vorhandenen Füllungen (DMF - Quotient) erfassen, wäre eine Fehlbeurteilung der Sachlage nicht ausgeschlossen, weil der Zeitpunkt der Kariesanfälligkeit schon längere Zeit zurückgelegen haben könnte, der augenblickliche Karieszustand jedoch die Verhältnisse völliger Kariesresistenz widerspiegelte.

Um eine solche Fehlbeurteilung des wahren Karieszustandes zu vermeiden, wurden als kariesaktiv nur solche Personen bezeichnet, die zum Zeitpunkt der Speicheluntersuchung **k l i n i s c h a b s o l u t k a r i e s a k t i v** waren, d.h. kariöse Defekte an mehr als fünf Zähnen aufwiesen und ferner durch Anamnese einwandfrei gesichert war, daß der Zerstörungsprozeß der Zahnschubstanz vor nicht allzu langer Zeit begonnen hatte. Personen mit unklaren klinischen und anamnestischen Erhebungen wurden zur Speicheluntersuchung **n i c h t** herangezogen.

Als kariesresistent wurden nur Personen bezeichnet, deren Zähne weder Füllungen noch kariöse Defekte hatten und deren Kiefer vollbezahnt waren. Es muß darauf hingewiesen werden, daß es sehr schwer ist, Versuchspersonen dieser Art in ausreichender Zahl zu finden. Alle Versuchspersonen mußten sich zum Zwecke der Bestätigung des ursprünglich festgelegten Karieszustandes nach zwei Monaten einer Nachuntersuchung unterziehen.

Der Typus des Gebißzustandes beider Gruppen sei in den Abbildungen 1 - 6 noch einmal verdeutlicht.

Durch Anlegen dieser strengen Maßstäbe entfiel daher die Einteilung einer Gruppe, deren Karieszustand fraglich erschien: es konnte mit "reinen Untersuchungsreihen" gearbeitet werden, und zwar standen 41 absolut kariesaktive und 40 absolut kariesresistente Personen zur Verfügung. Die Versuche von BRAMSTEDT und VONDERLINN (3) original zu wiederholen, war nicht möglich, weil es trotz größter Bemühungen nicht gelang, die von diesen Forschern dafür veranschlagte Speichelmenge von 20 ml in einer angemessenen Zeit zu gewinnen. Von 10 Versuchspersonen waren nur 2 imstande, innerhalb von 2 Stunden 20 ml Mundflüssigkeit ohne stimulierende Mittel zu produzieren. Die restlichen 8 Probanden waren dazu trotz der zur Verfügung stehenden langen Zeitspanne nicht in der Lage. Aus diesem Grunde wurde die für die Hauptversuche benötigte Speichelmenge auf 5 ml/Versuchsperson festgelegt.

Der Speichel für die Vorversuche wurde je nach Art der bezweckten Untersuchung dem Probanden entnommen.

Für die Hauptversuche gelangte nur R u h e - N ü c h - t e r n - S p e i c h e l, kein Reizspeichel zur Untersuchung.

Der Speichel wurde stets unter Kontrolle morgens vor dem Frühstück in einem verschließbaren, sterilen Gefäß gesammelt. Die Versuchspersonen verzichteten am Untersuchungstage auf das morgendliche Zähneputzen. Eine Stunde nach beendeter Gewinnung des Speichels wurde mit der Untersuchung begonnen. Die Hauptversuche wurden generell, die Vorversuche bis auf eine Ausnahme mit Gesamtspeichel durchgeführt.

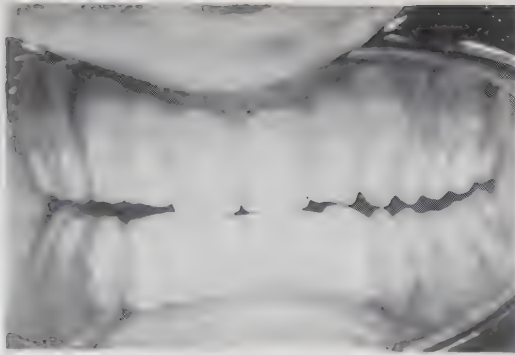


Abb. 1

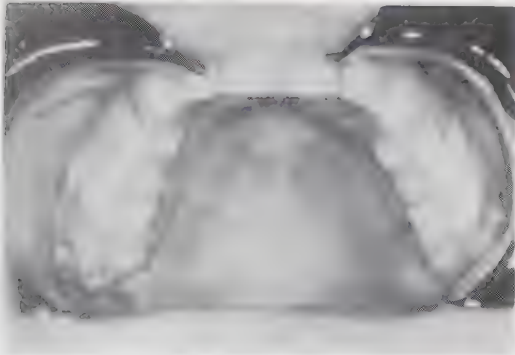


Abb. 2

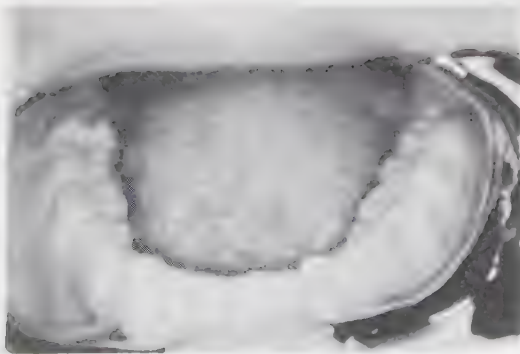


Abb. 3

Abb. 1 - 3: Typus des Gebißzustandes der karies-resistenten Probanden

(Die Bilder 1 - 3 entstammen einem 25jährigen Patienten)

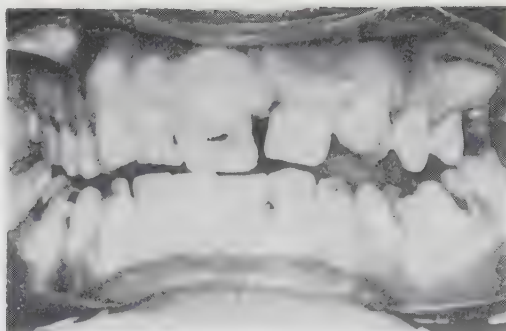


Abb. 4



Abb. 5

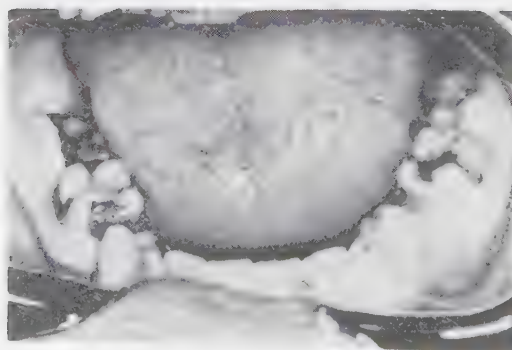


Abb. 6

Abb. 4 - 6: Typus des Gebißzustandes der karies-
aktiven Probanden
(Die Abbildungen 4 - 6 entstammen
15jährigen Patientinnen)

E U n t e r s u c h u n g s v e r f a h r e n =====

1) Voruntersuchungen:

Fragestellungen, Anordnungen und Ergebnisse

Die Voruntersuchungen dienen der Klärung folgender Fragestellungen:

- a) Beeinflusst inhomogener Speichel den Sauerstoffverbrauch desselben?
- b) Welchen Einfluß üben pH - Veränderungen der Untersuchungsflüssigkeit auf deren O_2 - Aufnahme aus?
- c) Verändern Zugaben von Glucose oder Blut den Sauerstoffverbrauch der Mundflüssigkeit?
- d) Zeigen Speichelproben anderer Tageszeiten die gleiche Sauerstoffresorption wie Nüchternspeichel?
- e) Ist die Sauerstoffaufnahme von Speichelproben, die derselben Versuchsperson an verschiedenen Tagen entnommen wurden, gleich groß?
- f) Verbrauchen die Zerlegungsprodukte (Überstand und Sediment) des zentrifugierten Speichels Sauerstoff?
- g) Nimmt reiner Parotisspeichel Sauerstoff auf?

Zu a) Der bei subjektiver Betrachtung gleichartig erscheinende Speichel erweist sich bei genauerer Untersuchung als absolut inhomogene Flüssigkeit.

Mit Hilfe des von KÖHLER, E. (18) angegebenen Verfahrens der Netzprojektion läßt sich die Inhomogenität der Mundflüssigkeit einwandfrei

nachweisen (Abb. 7). Zum Vergleich zeigt Abb. 8 die Verhältnisse des gleichen Speichels nach erfolgter Homogenisierung.

Man kann daher annehmen, daß durch die inhomogene Beschaffenheit des Untersuchungssubstrates die Messung der Sauerstoffaufnahme negativ beeinflusst wird. Entsprechende Untersuchungen konnten diese Vermutung bestätigen.

Es wurden je 3 ml nachfolgender Ansätze der O_2 - Resorptionsprüfung dem Warburg-Experiment unterworfen.

1) Ansatz mit inhomogenem Speichel:

- 5 ml inhomogener Speichel
- + 1,25 " Phosphatpuffer nach SÖRENSEN (pH 6,64)
- + 1,30 " $1/320$ m NH_4OH pH des Ansatzes 7,42.

2) Ansatz mit homogenem Speichel:

- 5 ml homogener Speichel
- + 1,25 " Phosphatpuffer nach SÖRENSEN (pH 6,64)
- + 1,30 " $1/320$ m NH_4OH pH des Ansatzes 7,42

Bei allen Warburg - Versuchen wurde die gebildete Kohlensäure von je 0,2 ml einer 10%igen NaOH adsorbiert. Der bei den Ansätzen 1) und 2) verwandte Speichel (2 x 5ml) wurde ein und derselben Person zur gleichen Zeit entnommen.



Abb.7: inhomogener Speichel (Netzprojektion)

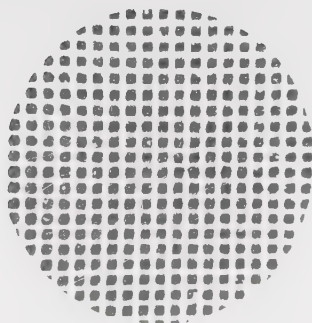


Abb. 8: homogener Speichel (Netzprojektion)

Die Untersuchungen zeigten, daß bei Verwendung gleichartiger Mundflüssigkeit im Warburg-Experiment weitaus genauere Ergebnisse zu erwarten sind als bei Verwendung inhomogenen Speichels. Neben den korrigierbaren Schwankungen der Manometerwerte, die durch Luftdruckveränderungen und Temperaturungleichheiten zustande kommen können, treten bei Verwendung inhomogener Mundflüssigkeit zusätzliche Fehlanzeigen des Manometers auf, die das Ergebnis der Untersuchung wesentlich beeinflussen. An Hand der unten aufgeführten Tabellenauszüge sollen diese Verhältnisse verdeutlicht werden. (Tab. 1 und 2)

Zeit	Ablesung	Differenz	Differenz des T.	korrigierte manometri- sche Differenz	T
=====	=====	=====	=====	=====	=====
Beg.	+ 2				+ 1
5	- 6	- 8	- 2	- 6	- 1
10	- 10	- 4	0	- 4	- 1
15	- 16	- 6	0	- 6	- 1
20	- 21	- 5	0	- 5	- 1
25	- 26	- 5	- 2	- 3	- 3
30	- 31	- 5	0	- 5	- 3

Tab. 1: Aufzeichnung der korrigierten Druckdifferenz bei Verwendung inhomogenen Speichels
T = Thermobarometer

Zeit	Ablesung	Differenz	Differenz des T	korrigierte manometri- sche Differenz	T
=====	=====	=====	=====	=====	=====
Beg.	- 2				+ 1
5	- 10	- 8	- 2	- 6	- 1
10	- 16	- 6	0	- 6	- 1
15	- 22	- 6	0	- 6	- 1
20	- 28	- 6	0	- 6	- 1
25	- 36	- 8	- 2	- 6	- 3
30	- 41	- 5	0	- 5	- 3

Tab. 2: Aufzeichnung der korrigierten Druckdifferenz bei Verwendung homogenisierten Speichels
T - Thermobarometer

Eine weitere wichtige Erkenntnis dieser Versuche ist es, daß die manometrische Differenz und infolgedessen auch der Sauerstoffverbrauch des Speichels proportional der Zeit verläuft. Besonders deutlich geht dieses Ergebnis aus der Tab. 2 hervor.

Bei allen weiteren Versuchen wurde nur noch homogener Speichel benutzt.

Zu b) Um den Einfluß von pH-Veränderungen auf den Sauerstoffverbrauch der Untersuchungsflüssigkeit zu prüfen, wurden jeweils 5 ml Ruhe - Nüchtern - Speichel derselben Versuchsperson mit 5 ml Pufferlösung versetzt. Die pH-Werte der Pufferlösungen und somit die pH-Werte der gewonnenen Ansätze unterschieden sich.

Anwendung fand Phosphatpuffer nach SÖRENSEN. Je 3 ml der Ansätze wurden nach der Warburg - Technik getestet. Sämtliche pH-Messungen erfolgten mit einem pH-Meter, das mit einer Einstab-Meßkette (hochohmige Glaselektrode und Kalomel-Bezugselektrode vereint) arbeitet.

Die Versuche ließen erkennen, daß die Höhe der Sauerstoffresorption weitestgehend vom Wert des negativen Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration abhängig ist. (Abb. 9)

Daraus ergab sich die Notwendigkeit, diese Verhältnisse bei der Durchführung aller weiteren Versuche, insbesondere bei der pH-Einstellung des Untersuchungsansatzes zu berücksichtigen.

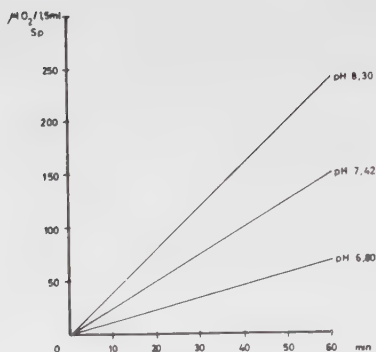


Abb. 9: Abhängigkeitsverhältnis der Oxygenresorption des Speichels vom pH-Wert des Ansatzes

Zu c) Da die Mitochondrien der Leukozyten eine rege Atmung aufweisen und die weißen Blutzellen vermehrt im Speichel vorkommen können, wenn das Zahnfleisch der Versuchsperson eine starke Blutungsneigung besitzt, wurde auch die Wirkung einer bekannten Blutmenge auf den Sauerstoffverbrauch des Speichels untersucht.

Folgende Ansätze wurden hergestellt:

1) Ansatz mit Blut

5 ml Speichel

+ 1,25 ml Phosphatpuffer nach SÖRENSEN (pH: 6,64)

+ 1,30 ml 1/320 m NH_4OH

+ 2,0 ml Blut (venös)

+ x (zur Korrektur des pH-Wertes erforderliche Menge Phosphatpuffer)

+ y (zur Korrektur des pH-Wertes erforderliche Menge NH_4OH)

pH des Ansatzes 7,42

2) Ansatz ohne Blut

- 5 ml Speichel der gleichen Herkunft und
Beschaffenheit wie der des Ansatzes 1)
+ 1,25 ml Phosphatpuffer nach SÖRENSEN (pH : 6,64)
+ 1,30 ml 1/320 m NH_4OH
+ x
+ y

pH des Ansatzes 7,42

Wahrscheinlich durch den für die weißen Blutzellen ungünstigen pH-Wert von 7,42 konnte kein unterschiedlicher Sauerstoffverbrauch ermittelt werden. Dagegen erhöhte sich die Sauerstoffaufnahme der Mundflüssigkeit durch Glucosezusätze.

Die Ansätze der zuletzt genannten Versuche lauteten:

1) Ansatz mit Glucose

- 5 ml Speichel
+ 1,25 ml Phosphatpuffer nach SÖRENSEN (pH:6,64)
+ 1,30 ml 1/320 m NH_4OH
+ 2,0 0,21 m Glucose
+ x
+ y

pH des Ansatzes 7,42

2) Ansatz ohne Glucose

- 5 ml Speichel der gleichen Herkunft und
Beschaffenheit wie der des Ansatzes
mit Glucose
+ 1,30 ml 1/320 m NH_4OH
+ 1,25 ml Phosphatpuffer nach SÖRENSEN
+ x
+ y

pH des Ansatzes 7,42

Zu d) Zum Zwecke der Prüfung, ob Speichelproben anderer Tageszeiten die gleiche Sauerstoffaufnahme zeigen wie Nüchternspeichel, wurde ein und derselben Person am gleichen Tage

- A) Nüchternspeichel
- B) Speichel nach dem Mittagessen
- C Speichel nach dem Abendessen entnommen.

Die Untersuchung ergab recht unterschiedliche Werte. Eine Darstellung des O_2 - Verbrauchs der genannten Speichelsorten gibt Abb.10 wieder.

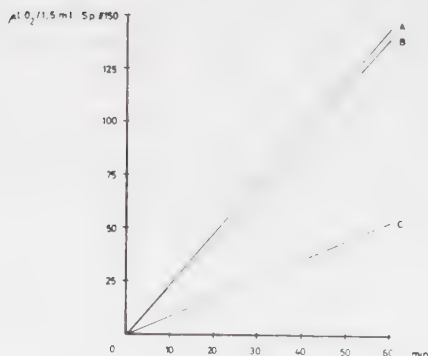


Abb. 10: Sauerstoffaufnahme des Speichels einer Versuchsperson an verschiedenen Tageszeiten:

- A = Ruhe - Nüchtern - Speichel
- B = Speichel nach dem Mittagessen
- C = Speichel nach dem Abendessen

Entgegen der Feststellung des Hamburger Arbeitskreises zeigen diese Versuchsergebnisse, daß im Verlauf eines Tages zwar erhebliche Unterschiede des Sauerstoffverbrauches auftreten, daß aber die $\mu\text{l O}_2$ - Werte des Speichels, der nach dem Mittagessen gewonnen wurde, nur unwesentlich von den $\mu\text{l O}_2$ - Werten des Nüchtern - Speichels tendieren. Man könnte beinahe meinen, daß die Verschiebung dieser zuletzt genannten Werte durch Ableseungenauigkeiten zustande gekommen ist, wenn man bedenkt, daß der mittlere Ablesefehler bei der Warburg-Technik ± 2 beträgt. Dennoch wird man bei Reihenuntersuchungen nur Speichel verwenden dürfen, den man an gleichen Tageszeiten sammelte. Nüchtern - Speichel wird diesen Anforderungen am ehesten gerecht.

Zu e) Wie bei den zuletzt erwähnten Versuchen, wurden zur Ermittlung des Verhaltens der O_2 - Aufnahme solcher Speichelproben, die an verschiedenen Tagen derselben Versuchsperson entnommen waren, Ansätze nach folgendem Muster hergestellt:

Muster der Ansätze:

5 ml der jeweiligen homogenen Speichelprobe
+ 1,25 ml Phosphatpuffer nach SÖRENSEN (pH: 6,64)
+ 1,30 ml $1/320 \text{ NH}_4\text{OH}$
+ x
+ y

pH der Ansätze 7,42

Die bereits von McDONALD manifestierte Behauptung, daß Speichel derselben Versuchsperson an verschiedenen Tagen große Schwankungen hinsichtlich der Sauerstoffaufnahme zeigt, konnte auch durch die vorliegenden Untersuchungen bestätigt werden. Es scheint sich diese Schwankung innerhalb bestimmter Grenzen zu bewegen. Die Grenzen wiederum

nehmen bei den einzelnen Probanden unterschiedliche Werte an. Von 6 verschiedenen Probanden, denen an drei aufeinanderfolgenden Tagen (1, 2, 3) jeweils 5 ml Speichel unter den gleichen Bedingungen entnommen wurden, seien die Vorgänge zweier absolut kariesresistenter Versuchspersonen vorgeführt (A u. B), die das Ergebnis besonders kraß widerspiegeln (Abb. 11).

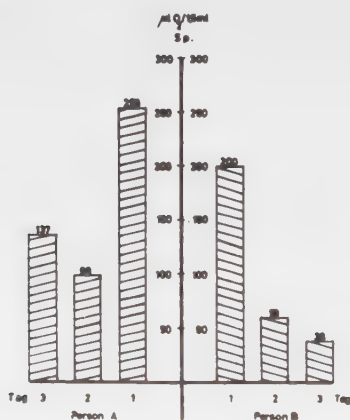


Abb. 11: O₂ - Aufnahme des Speichels der Personen A und B an verschiedenen Tagen

Zu f) Zur Untersuchung gelangte weiterhin der Überstand und das Sediment des zentrifugierten Speichels (10 Minuten bei 3 000 Umdreh./Min.).

Im Warburg - Experiment zeigte der Überstand keinen Sauerstoffverbrauch, das Sediment dagegen nur einen schwachen.

Zu g) Infolge der langsamen Sekretion der Ohrspeicheldrüse konnten nur 1,5 ml Parotisspeichel mit 1,5 ml Phosphatpuffer nach SÖRENSEN (pH:6,64) versetzt und einer Atmungsprüfung unterzogen werden. Der reine Parotisspeichel nahm keinen Sauerstoff auf.

2) Hauptversuche

a) Fragestellung

Ist die Oxygenresorption des Speichels von der Kariesanfälligkeit bzw. der Kariesresistenz der Probanden abhängig?

b) Methoden

α.) Das Homogenisieren der Mundflüssigkeit

Die Homogenisierung erfolgte auf einfache Weise. Mit einer 20 cm³ Rekordspritze und einer Kanüle von 1 mm Durchmesser wurde der aufgezogene Speichel dreimal mit Gewalt gegen den inneren Boden eines Erlenmeyerkolbens gespritzt. Der so gewonnene Homogenitätsgrad erwies sich als ausreichend (Abb. 8).

β) Die pH - Einstellung des Untersuchungsspeichels

Da die einzelnen Speichel unterschiedliche pH - Werte und pK - Werte haben, genügte es nicht, die konstante pH - Einstellung durch Zugabe bestimmter Standardmengen Puffer und NH_4OH zu gewährleisten. Es mußten vielmehr individuell geringe Mengen der einen oder der anderen Lösung zugegeben werden (durch + x; + y gekennzeichnet), um die Ansätze auf einen pH-Wert von 7,42 einzustellen.

Demnach wurden diese folgendermaßen hergestellt:

- 5 ml homogener Speichel
- + 1,25 ml Phosphatpuffer nach SÖRENSEN
(pH 6,64)
- + 1,30 ml 1/320 NH_4OH
- + x
- + y

pH der Ansätze 7,42

Der Sauerstoffverbrauch der Mundflüssigkeit wurde auf 1,5 ml Sp./Std. bezogen.

γ) Die Warburg - Technik

Die Reaktionsgefäße wurden mit 3 ml des jeweiligen Ansatzes gefüllt. 0,2 ml 10%ige NaOH adsorbierte im Einsatzgefäß die sich während des Versuches bildende Kohlensäure. Mit einem Thermobarometer (T) wurden Luftdruckschwankungen erfaßt. Die Temperatur des Wasserbades betrug 37°C , die Schüttelfrequenz des Warburg-Apparates 110 pro Min. bei kleiner Amplitude. Die Reaktionsgefäße wurden nach Vorschrift von KOELLE (15) gereinigt und sterilisiert.

Zur Verfügung stand ein Warburg-Apparat der Firma B. Braun, Melsungen, Typ: V 85, mit firmenmäßig geeichten Manometern und Gefäßen.

Die Grundlagen der Warburg-Technik können als bekannt vorausgesetzt werden. Eine eingehende Beschreibung gibt UMBREIT (32).

F R e s u l t a t e d e r H a u p t v e r s u c h e

Die 11 Monate lang durchgeführten Speicheluntersuchungen von 81 Probanden ergaben, daß die Sauerstoffresorption des Speichels der einzelnen Versuchspersonen recht unterschiedlich ist. Die ermittelten Meßwerte der Hauptuntersuchungen, die teilweise durch Parallelversuche im pharmakologischen Institut der Freien Universität Berlin bestätigt wurden, lassen keine Korrelation zwischen dem Sauerstoffverbrauch des Speichels und der Kariesanfälligkeit bzw. Kariesresistenz der Probanden erkennen. In beiden Gruppen, sowohl in der kariesresistenten als auch in der kariesaktiven, konnten extrem niedrige und extrem hohe Werte der Sauerstoffresorption ermittelt werden. Diese Extremwerte sind bei den Gruppen annähernd gleich groß. Ein Grenzwert, wie er von KOTHE und SCHÜTZMANNISKY (16) angegeben wurde, der es ermöglicht, kariesaktiv und kariesresistent zu trennen, ist nicht vorhanden. Auch lassen die Meßwerte keinen allmählichen Übergang von der einen zur anderen Gruppe erkennen. Der extrem niedrigste Wert der kariesaktiven Gruppe liegt bei 31 μ l Std./1,5 ml Sp., der extrem niedrigste Wert

der kariesresistenten Gruppe liegt bei 26 $\mu\text{l O}_2/\text{Std.}/1,5 \text{ ml Sp.}$. Die höchsten Atmungswerte der untersuchten Speichelpuben können für die kariesresistente Gruppe mit 321 $\mu\text{l O}_2/\text{Std.}/1,5 \text{ ml Sp.}$ und mit 341 $\mu\text{l}/\text{Std.}/1,5 \text{ ml Sp.}$ für die kariesaktive Gruppe angegeben werden. Der ermittelte Durchschnittswert des $\mu\text{l O}_2$ - Verbrauchs/ $\text{Std.}/1,5 \text{ ml Sp.}$ der kariesresistenten Probanden liegt mit 142 nur geringfügig höher als der der kariesaktiven Probanden, welcher 140 beträgt. Es ist besonders auffallend, daß der Speichel nur wenige Personen extrem hohe und niedrige Atmungswerte zeigt. Dagegen scheinen Werte zwischen 50 und 200 $\mu\text{l O}_2$ Verbrauch/h/ $1,5 \text{ ml Sp.}$ recht häufig vorzukommen.

Die nachstehenden Tabellen 3 und 4 enthalten eine übersichtliche Darstellung der Meßergebnisse.

Nr. des Proban- den	Alter	Geschlecht	Karieszustand	$\mu\text{l O}_2\text{-Verbrauch/}$ h/1,5 ml Speichel
1	27	m	resistent	105
2	22	m	resistent	84
3	26	m	resistent	92
4	24	w	resistent	51
9	18	m	resistent	167
10	27	w	resistent	140
11	19	w	resistent	66
12	19	w	resistent	65
13	28	w	resistent	186
14	20	w	resistent	54
16	20	w	resistent	126
18	36	w	resistent	79
23	19	m	resistent	112
32	18	w	resistent	301
33	23	m	resistent	49
36	27	m	resistent	50
40	27	w	resistent	218
44	25	w	resistent	72
45	28	w	resistent	171
46	25	w	resistent	119
47	27	w	resistent	26
48	27	m	resistent	173
49	28	w	resistent	321
50	20	w	resistent	145
51	18	w	resistent	186
52	21	w	resistent	63
56	19	m	resistent	305
60	18	m	resistent	170
63	20	m	resistent	66
64	20	w	resistent	43
65	28	w	resistent	56
67	28	w	resistent	262
68	28	w	resistent	247
69	25	m	resistent	222
70	26	m	resistent	138
71	20	m	resistent	274
72	19	m	resistent	36
75	21	w	resistent	198
76	18	m	resistent	195
77	27	m	resistent	264
Maximalverbrauch				321
Minimalverbrauch				26
Durchschnittsverbrauch				142

Tabelle 3: Meßergebnisse der Sauerstoffresorption des menschlichen Speichels nach der Warburg-Technik

Nr. des Probanden	Alter	Geschlecht	Karieszustand	ml O ₂ -Verbrauch/ h/1,5 ml Speichel
5	40	m	aktiv	341
6	20	w	aktiv	88
7	18	m	aktiv	31
8	19	m	aktiv	146
15	19	w	aktiv	52
17	28	m	aktiv	92
19	18	w	aktiv	50
20	19	m	aktiv	129
21	28	m	aktiv	243
22	27	m	aktiv	48
24	18	w	aktiv	59
25	24	m	aktiv	175
26	22	w	aktiv	101
27	18	m	aktiv	111
28	22	m	aktiv	118
29	28	m	aktiv	65
30	28	m	aktiv	320
31	19	m	aktiv	71
34	21	w	aktiv	58
35	21	w	aktiv	280
37	23	m	aktiv	60
38	18	w	aktiv	169
39	25	w	aktiv	199
41	27	m	aktiv	39
42	28	w	aktiv	220
43	28	m	aktiv	171
53	28	w	aktiv	249
54	27	w	aktiv	101
55	28	m	aktiv	167
57	15	w	aktiv	303
58	15	w	aktiv	121
59	20	m	aktiv	187
61	18	m	aktiv	143
62	19	w	aktiv	227
66	18	w	aktiv	180
73	18	w	aktiv	64
74	23	m	aktiv	50
78	19	w	aktiv	309
79	19	w	aktiv	61
80	27	m	aktiv	78
81	28	w	aktiv	185
Maximalverbrauch				341
Minimalverbrauch				31
Durchschnittsverbrauch				140

Tabelle 4: Meßergebnisse der Sauerstoffresorption
des menschlichen Speichels nach der
Warburg - Technik

G D i s k u s s i o n

Die Untersuchungen der Oxygenresorption des Speichels von kariesaktiven und kariesresistenten Personen mit der Warburg-Apparatur haben gezeigt, daß es keine feststellbaren Zusammenhänge zwischen dem Karieszustand der Probanden und dem Sauerstoffverbrauch ihres Speichels gibt. Diese Feststellung hat zur Folge, daß man durch Messung der O_2 - Aufnahme der Mundflüssigkeit nicht in der Lage ist, Aussagen zu treffen, ob sich der Untersuchte in einem kariesaktiven oder kariesresistenten Stadium befindet, wenn man auf die klinische Befunderhebung verzichtet - ein Ergebnis, das man an Hand der Voruntersuchungsergebnisse mit großer Wahrscheinlichkeit hätte voraussagen können. Da Speichel derselben Person schon zu verschiedenen Tageszeiten und an verschiedenen Tagen unterschiedlich O_2 aufnimmt, kann man kaum mit positiven Erkenntnissen rechnen, wenn man die Resorptionswerte eines größeren Personenkreises untereinander vergleicht, um über den Karieszustand desselben zu befinden. Abgesehen von diesen physiologischen Streuwerten ist für Testzwecke auf breiterer Basis der Aufwand zu groß und zu teuer. Das Verfahren ist also aus den dargelegten Gründen als Kariestestmethode unbrauchbar!

Die von McDONALD (12), HATTYASY (13) und BURNETT (5) an Hand nur weniger Untersuchungen getroffenen und darum immer wieder bezweifelten Aussagen konnten in vollem Umfange durch breit angelegte Versuche bestätigt werden.

Im Widerspruch zu diesen Untersuchungsergebnissen stehen die Ergebnisse von BRAMSTEDT, VONDERLINN, KRÖNCKE,

NAUJOKS, NEUHAUS, EGGERS LURA sowie Veröffentlichungen von KOTHE und SCHÜTZMANNISKY (16, 17).

Wenn man diesen komplizierten Fragenkomplex einer eingehenden Betrachtung unterzieht, ist es eigentlich nicht sehr verwunderlich, daß es zu unterschiedlichen Versuchsergebnissen kommen konnte.

Wie KRÖNCKE und NAUJOKS (23) richtig erkannten, beginnen die Schwierigkeiten der Untersuchung schon bei der Auswahl der Probanden und der Erfassung ihres wirklichen Karieszustandes. KRÖNCKE und NAUJOKS (23) sprechen von einem "physiologischen Karieszustand" und meinen damit die augenblickliche Bereitschaft bzw. das Unvermögen der Kariesentstehung. Die Trennung des "physiologischen Karieszustandes" von den klinischen und morphologischen Befunden hat bedingt seine Berechtigung, denn wir wissen, daß es stationäre Kariesherde gibt, deren Konstellation vor Jahren stattgefunden hat, z.Zt. jedoch keine Tendenz hinsichtlich einer Kariesneubildung besteht. Auf die Testung der Speichelatmung übertragen bedeutet dies, daß dem Untersucher daran gelegen sein muß, den "physiologischen Karieszustand", und nur diesen, bei seiner Probandenauswahl zu berücksichtigen, denn die bloße Auswahl nach den morphologischen Befunden müßte ja zwangsläufig Fehlresultate nach sich ziehen. Wie aber soll die Erfassung des "physiologischen Karieszustandes" erfolgen, wenn nicht durch Inspektion des morphologischen Bildes? Die Hamburger Autoren glauben, diesen Schwierigkeiten folgendermaßen begegnen zu können: Wenn sich der nach morphologischen Befunden (Kariesherde) festgestellte Karieszustand durch Nachuntersuchungen innerhalb einer längeren, bekannten Zeitspanne (6 u. 12 Mo.) bestätigt und sich bei den Personen, die als kariesaktiv galten, sogar noch eine Vermehrung der Kariesdefekte vollzogen hat, dann sei mit hohem Genauigkeitsgrad der wahre

Karieszustand gesichert. Jedoch können auch innerhalb der Kontrollzeit kurzfristige Schwankungen des "physiologischen Karieszustandes" auftreten, deren Wahrnehmung mit den augenblicklich verfügbaren Mitteln nicht möglich ist. Daher sind der Erfassung desselben Grenzen gesetzt; denn es gibt z.Zt. keinen verlässlichen Kariestest.

Man wird auf diesem Gebiet zu Kompromissen bereit sein müssen. Solche Zugeständnisse werden nicht nur vom Hamburger Arbeitskreis, sondern auch von KOTHE und SCHÜTZMANNISKY (16, 17) unterbreitet, obwohl sie sich alle entschieden dagegen verwahren keine exakte Probandenauswahl getroffen zu haben. Dem aufmerksamen Leser kann jedoch folgender Satz KOTHEs und SCHÜTZMANNISKYs (17) nicht entgehen:

"Fehlende Zähne wurden, soweit es sich nachweisen ließ, daß sie nicht infolge Zahnwechsels zu Verlust gegangen waren, als kariös gerechnet."

Solche und ähnliche Methoden der Bestimmung des Karieszustandes können nur zu schnell Fehlbeurteilungen ergeben.

Die Aussagen des Hamburger Arbeitskreises basieren hauptsächlich auf Untersuchungen BRAMSTEDTs und VONDERLINNs (3). In ihrer diesbezüglichen Veröffentlichung werden auch die einzigen näheren Angaben der vom Arbeitskreis ermittelten Meßwerte aufgeführt. Sie können aber nur bedingt zur exakten Beurteilung der Verhältnisse herangezogen werden, weil sie in Form von manometrischen Differenzen dargestellt sind und daher keine objektive Aussage gestatten. Die Untersuchungen dieser Autoren können ohnehin nicht umfangreich und sehr zuverlässig gewesen sein, weil die Versuche mit einer Speichelmenge von 20 ml durchgeführt wurden. Auf die Schwierigkeiten der Gewinnung einer solchen Speichelmenge wurde bereits hingewiesen. Abgesehen von der starken Verdünnung der gewonnenen Mundflüssigkeit, die eine Entnahme von 20 ml zur Folge hat,

kann die Speichelgewinnung also nur unter größtem Zeitaufwand und in einzelnen Fällen durchgeführt worden sein. Da Speichel aber bei längerer Lagerung seine Beschaffenheit (z.B. pH und pK) recht schnell verändert, müssen die Ergebnisse zwangsläufig ungenau gewesen sein. Das Gleiche trifft für die erste Untersuchungsreihe KOTHEs und SCHÜTZMANSKYs zu. Auch sie arbeiteten mit einer Speichelmenge von 15 ml. Die Hauptursache der Fehlerquellen sämtlicher Autoren dürfte jedoch die Nichtbeachtung der Homogenitätsverhältnisse des Speichels und besonders die fehlende Beachtung der pH - Einflüsse bei der Versuchsdurchführung darstellen. Wie bereits ausdrücklich betont, ist die konstante pH - Einstellung jedes Ansatzes unerlässlich, wenn man zu brauchbaren Ergebnissen gelangen will. Aus den Aufzeichnungen BRAMSTEDTs und VONDERLINNs (3) geht hervor, daß sie wenigstens einmal den pH-Wert eines Ansatzes gemessen haben. ("pH des Ansatzes 7,42 vor, 7,46 nach dem Versuch".) Leider wurde auf weitere Messungen verzichtet, denn sonst hätten sie feststellen müssen, daß unter Verwendung gleicher Puffer- und NH_4OH - Mengen bei unterschiedlichen Speichelproben pH-Abweichungen auftreten. Wie weit KOTHE und SCHÜTZMANSKY (17) in die Materie der O_2 - Aufnahme eingedrungen sind, zeigen folgende Sätze, denen man entnehmen kann, daß sie offenbar nicht einmal ahnen, wie hoch der pH-Wert ihrer Ansätze in etwa gewesen sein könnte, wenn sie glauben, das Speichel - Puffer - NH_4OH - Gemisch hätte den pH-Wert des Puffers 6,64 übernommen:

"Die mit dieser Methode gefundenen μl Sauerstoffverbrauch/Std. liegen im allgemeinen höher als die nach den Angaben von BRAMSTEDT und VONDERLINN bereits früher beobachteten Vergleichswerte. Der Grund dürfte darin zu suchen sein, daß bei pH 6,9 das Optimum der Lebensbedingungen für die Mundbakterien liegt, während bei pH 6,64 (BRAMSTEDT und VONDERLINN) die Mundflora sich den veränderten Bedingungen erst anpassen muß."

In diesem Zusammenhang ist es bemerkenswert, daß das Sediment des zentrifugierten Speichels Sauerstoff verbrauchte, der Überstand hingegen nicht. Da sich im Sediment die geformten Bestandteile des Speichels befinden, scheinen diese die Träger der Oxygenresorption zu sein. Auch reiner Parotisspeichel nahm keinen Sauerstoff auf. Dieser Befund steht im Einklang mit der Erkenntnis über die Atmungsträger, denn der aus dem Duct. parotidic. austretende Speichel läßt sich wahrscheinlich erst durch Passieren der Mundhöhle mit Stoffen auf, die ihn nunmehr zur Sauerstoffaufnahme befähigen. Das Ausmaß der Oxygenresorption wird somit von der Konzentration der aufgeladenen Stoffe abhängen. Diese wird um so größer sein, je intensiver man den Speichel im Munde bewegt. Ungenügende Beachtung dieser Tatsache bei der Speichelgewinnung leistet dem Einschleichen einer weiteren Fehlerquelle Vorschub. Da einige Autoren, z.B. NAUJOKS und VONDERLINN (28), ihre Ergebnisse an Hand nur weniger (v i e r) Patienten telegen, können ihre Aussagen nur bedingt berücksichtigt werden.

Zahlreiche Wissenschaftler haben immer wieder darauf hingewiesen, daß der Zerstörungsprozeß des Zahnes nicht nur als Folgeerscheinung eines einzigen Faktors anzusehen ist. Es spielen vielmehr verschiedene Momente eine Rolle mit, die erst in ihrer Gesamtheit das eigentliche Kariesgeschehen ausmachen. So ist es auch nicht weiter verwunderlich, wenn die Oxygenresorption des Speichels als Einzelfaktor inmitten einer Vielfalt weiterer Faktoren keine positiven Aussagen über den Karieszustand der Versuchspersonen erlaubt, denn die Sauerstoffaufnahme der Mundflüssigkeit kann bestenfalls nur einen Teilvorgang im großen Kariesgeschehen widerspiegeln, während andere Faktoren, wie die Strukturierung des Zahnes, unberücksichtigt bleiben.

Eindeutig konnte ferner bewiesen werden, daß der Sauerstoffverbrauch des Speichels der einzelnen Probanden un-

abhängig vom Karieszustand unterschiedliche Werte aufweist.

Die Ursachen jener unterschiedlichen Speichelatmung konnten im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden.

BRAMSTEDT, KRÖNCKE, NAUJOKS und VONDERLINN (2) schließen unterschiedliche Konzentrationen organischer Phosphatacceptoren für energiereiche Bindungen als Ursache der schwankenden Oxydationsfähigkeit nicht aus.

BRAMSTEDT, NAUJOKS, BENEDICT (1) weisen in diesem Zusammenhang auch auf die Verhältnisse der Hexokinase- und Aldolaseaktivität sowie des Proteingehaltes im Speichel hin. Es muß daher Aufgabe weiterer Untersuchungen sein, zur Klärung dieser Fragen beizutragen.

Jedoch konnten eine Reihe von Fehlerquellen aufgedeckt werden, die die stark divergierenden Ergebnisse anderer Autoren erklären.

H Z u s a m m e n f a s s u n g

Es wurde die Oxygenresorption des Speichels von einundvierzig kariesaktiven und vierzig kariesresistenten Personen gemessen. Dabei wurden Untersuchungen durchgeführt, die zur Klärung allgemeiner Fragen der Speichelatmung beitrugen.

Es ergab sich:

- 1) Der Sauerstoffverbrauch des Speichels läßt keine Korrelation zum Karieszustand der Probanden erkennen.
- 2) Das Verfahren zur Ermittlung der Oxygenresorption des Speichels ist als Kariestestmethode unbrauchbar.
- 3) Die Sauerstoffaufnahme des Speichels verläuft proportional der Zeit.
- 4) Die O_2 - Aufnahme des Speichels wird durch die Homogenitätsverhältnisse der Mundflüssigkeit beeinflußt.
- 5) Die O_2 - Aufnahme des Speichels ist pH - abhängig.
- 6) Die Sauerstoffresorption des Speichels weist zu verschiedenen Tageszeiten Schwankungen auf.
- 7) Die Schwankungen der Sauerstoffaufnahme des Speichels an verschiedenen Tagen scheinen individuell begrenzt zu sein.
- 8) Zugaben von Glucose können den Sauerstoffverbrauch der Mundflüssigkeit erhöhen.
- 9) Blutzusätze beeinflussen den Sauerstoffverbrauch des Speichels im Rahmen der verwendeten Versuchsanordnung nicht.

- 10) Das durch Zentrifugation gewonnene Sediment des Speichels zeigte einen schwachen Sauerstoffverbrauch. Die Bestandteile des Sediments scheinen die Träger der Sauerstoffaufnahme der Mundflüssigkeit zu sein. Der Überstand atmet nicht.
- 11) Parotisspeichel zeigt ebenfalls keinen Sauerstoffverbrauch.

Durch Fortsetzung diesbezüglicher Untersuchungen sollen die Ursachen der unterschiedlichen O_2 - Aufnahme der Mundflüssigkeit geklärt werden.

J L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

- 1) BRAMSTEDT, F., NAUJOKS, R.,
BENEDICT, J.: "Oral sugar clearance"
und Fermentaktivitäten im
menschlichen Speichel"
DZZ 18, 242 (1963)
- 2) BRAMSTEDT, F., KRÖNCKE, A.,
NAUJOKS, R., VONDERLINN, R.: "Die Verbrennung organischer
Substrate im Speichel karies-
resistenter und kariesanfäl-
liger Personen"
DZZ 9, 782 (1954)
- 3) BRAMSTEDT, F. und
VONDERLINN, R.: "Die Sauerstoffaufnahme des
Speichels und ihre Beziehun-
gen zur Zahnkaries"
ZW 7, 505 (1952)
- 4) BURNETT, G.W.: "The respiration rate of
human saliva"
J.Dent.Res. 31, 468 (1952)
- 5) BURNETT, G.W.: zit. nach KRÖNCKE, A.:
"Ergebnisse und Probleme
biochemischer Speichelfor-
schung"
DDZ 14, 523 (1960)
- 6) EGGERS IURA: "Die Sauerstoffaufnahme der
Speichelmikroflora und ihre
Beziehungen zur Karies"
DZMK 24, 177 (1956)
- 7) ENTIN, D.A. (1928): "Zur Biochemie des gemisch-
ten Speichels des Menschen"
Dtsch.Mschr.Zahnh.
46, 113 (1928)

- 8) FRISBIE und NUCOLLS
(1947):
zit. nach HARTLES, R.L. und
McDONALD, N.D.: "The Metabolism
of the Oral Flora"
Biochem.J. 47, 60 (1950)
- 9) GIES, W.J.:
"Further study of sulfocyanate
in its possible relation to
dental caries"
Dent.Cosmos 56, 175 (1914)
- 10) GOTTLIEB (1947):
zit. nach HARTLES und McDONALD:
"The Metabolism of the Oral Flora"
Biochem.J. 47, 60 (1950)
- 11) HARNDT, E. (1937):
"Das Speichelrhodanid in physio-
logischer und pathologischer
Beziehung zu Vorgängen in der
Mundhöhle"
DZMK 4, 45 338 (1937)
- 12) HARTLES, R.L. und
McDONALD, N.D.:
"The Metabolism of the Oral Flora"
Biochem. J. 47, 60 (1950)
- 13) HATTYASY, D., SZOBÓ, T.
und TÓTH, K.:
"Some physico chemical-proper-
ties of the Carious and non -
Carious Saliva"
Arch.Oral Biol., Special Supple-
ment, Vol. 6, 249 (1961)
- 14) KIRK, E.C.:
"Die Semiologie des Speichels"
Deutsch.Mschr.Zahnh. 24, 607 (1906)
- 15) KOELLE:
"Manometrie"
Messungen 1961

- 16) KOTHE, J. und
SCHÜTZMANNISKY, G.:
"Vergleichende Untersuchungen
zwischen Kariesanfälligkeit und
Sauerstoffverbrauch des Speichels
und ihre Verwendbarkeit als
Kariestest"
DZMK 27, 347 (1957)
- 17) KOTHE, J. und
SCHÜTZMANNISKY, G.:
"Untersuchungen über die Verläss-
lichkeit des Sauerstoffver-
brauchs im Speichel als Karies-
test und seine Verwendbarkeit
im Rahmen einer individuellen
Kariesprophylaxe"
DZZ 14, 184 (1959)
- 18) KÖHLER, E.:
"Über Beziehungen pathologischer
Zustände der Mundhöhle des
Menschen zu physikalischen Meß-
größen des Speichels"
DZMK 35, 182 (1961)
- 19) KRÖNCKE, A.:
"Ergebnisse und Probleme bioche-
mischer Speichelforschung"
DDZ 14, 523 (1960)
- 20) KRÖNCKE, A. und
NAUJOKS, R.:
"Kariesanfälligkeitstests und
ihre Bedeutung für die zahn-
ärztl. Praxis"
IDJ 6, 174 (1956)
- 21) KRÖNCKE, A. und
NAUJOKS, R.:
"Sauerstoffaufnahme des Speichels
bei Zahn- und Mundkrankheiten"
DZZ 9, H.12 105 (1954)
- 22) KRÖNCKE, A. und
NAUJOKS, R.:
"Biochemische Speichelunter-
suchungen"
DZZ 9, 565 (1954)

- 23) KRÖNCKE, A. und
NAUJOKS, R.: "Über den Rhodan - und Nitrit-
gehalt sowie über die Katalase-
aktivität des Speichels und deren
tägliche Schwankungen"
DZMK 16, 298 (1952)
- 24) MATHIS, H.: "Caries dentium"
Wien 1947
- 25) MICHEL, A.: "Der Speichel als natürlicher
Schutz gegen Caries"
Dtsch.Mechr. Zahnh. 19, 257 (1901)
- 26) MILLER, W.D.: "Die Mikroorganismen der Mund-
höhle"
Leipzig 1892
- 27) MILLER, W.D.: zit. nach HARTLES und McDONALD:
"The Metabolism of the Oral Flora"
Biochem.J. 47, 60 (1950)
- 28) NAUJOKS, R. und
VONDERLINN, R.: "Biochemische Speicheluntersuchun-
gen"
ZR. 62, 438 (1953)
- 29) NEUHAUS, O.: "Vergleich des Snyder Testes
und der Atmung des menschlichen
Speichels als Kariesanfälligkeits-
test"
Med.Diss. Tübingen 1961
- 30) NUCKOLLS und
FRISBIE: zit. nach HARTLES und McDONALD:
"The Metabolism of the Oral Flora"
Biochem. J. 47, 60 (1950)
- 31) PICKERILL, H.P.: "Verhütung von Zahnkaries und
Mundsepsis"
Berlin 1913

- 32) UMBREIT, W.W., BURSIS, R.H., "Manometric Techniques"
STAUFFER, J.F.: Minneapolis 1959
- 33) WANNENMACHER, E.: "Klinische Beobachtungen
über die Beeinflussung
der Speichelsekretion
durch Neucosol"
DZG 5, 1011 (1950)

Für die Überlassung des Dissertationsthemas danke ich Herrn Professor Dr. Dr. E. H a r n d t; ebenso für seine stete Hilfsbereitschaft und für die Förderung, die er meiner Arbeit angedeihen ließ.

Herrn Dr. S. W a n d e l t danke ich ganz besonders für seinen Rat und für wertvolle Anregungen.

In gleicher Weise danke ich auch Herrn Dr. E. K ö h l e r und Herrn Dr. N e u b e r t.

Lebenslauf

Ich, Klaus W i l l i a m, wurde am 10. August 1937 als Sohn des Kaufmanns Karl William und seiner Ehefrau Lucie William, geb. Albrecht, zu Prenzlau/Uckm. geboren.

Von 1943 bis 1945 und von 1946 bis 1952 besuchte ich die Grundschule. Im September des Jahres 1952 begann ich mit dem Besuch der Oberschule in meiner Heimat Prenzlau.

An dieser legte ich das Abitur im Jahre 1956 ab.

Durch die Teilnahme an einem Sonderlehrgang für Ost-Abiturienten in Berlin - Spandau erlangte ich 1957 die Anerkennung der Reifeprüfung außerhalb Mitteldeutschlands.

Das Studium der Zahnheilkunde begann ich im Wintersemester 1957/58 an der Freien Universität Berlin, an der ich im März 1963 mein Staatsexamen ablegte.

Von März 1963 bis März 1964 war ich als Assistenz Zahnarzt tätig. Ab 1. April 1964 bin ich wissenschaftlicher Assistent am Institut für Kariesforschung Berlin.

